

OPTIMASI PENINGKATAN KUALITAS AIR SUMUR GALI MENJADI BAHAN BAKU AIR MINUM DENGAN MENGGUNAKAN KOMBINASI ZEOLIT DAN KAPUR TOHOR

Rusdiana¹⁾, Danang Biyatmoko²⁾, Gt. Chairuddin³⁾, Azidi Irwan⁴⁾

- 1) Program Studi Pengelolaan Sumber Daya Alam
Program Pascasarjana Universitas Lambung Mangkurat
- 2) Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat
- 3) Fakultas Perikanan Universitas Lambung Mangkurat
- 4) Fakultas MIPA Universitas Lambung Mangkurat

Keywords : Dug well water, Zeolite, Calcium oxide

Abstract

Source of drinking water used of household in Banjarbaru is 50,97% water well protected/unprotected. The results Anisyah (2011) reported that the water quality of wells dug in Banjarbaru less fit for use as a water quality standard. This research aimed to analyze the effect of the combination of calcium oxide and zeolite and get the best combination to improve water quality dug into the raw material of drinking water in accordance Permenkes No.492/MENKES/PER/IV/2010. Dug well water as much as 10 l was added 1 g calcium oxide, in stir. Then passed through a zeolite column with 50 cm height with discharge 1 liter / minute, output collected and analyzed 2 liters (another treatment with the same procedure). Percentage reduction showed combination of the best Z₁K₂, which can reduce iron parameters 0,228 mg/l, manganese 0,136 mg/l, and 5 NTU turbidity, and then combination Z₂K₂ able to improve water quality dug well on parameter 51,50 TCU colors, smell and taste 2,55 (a bit smelly and tasteless), and pH of 7,95, and combination Z₂K₁ can reduce amount of *E. coli* 14,33 per 100 ml sample.

Pendahuluan

Air yang memenuhi syarat kesehatan adalah air yang bebas dari mikroorganisme, zat atau bahan kimia, bau, rasa, dan kekeruhan. Air layak minum adalah air yang tidak terdapat bau rasa yang tidak diinginkan (USU, 2011).

Data Badan Pusat Statistik Kota Banjarbaru (2011) melaporkan, persentase sumber air minum yang digunakan pada skala rumah tangga di Kota Banjarbaru adalah 50,97% air sumur terlindungi/tidak. Hasil penelitian Anisyah (2011) melaporkan, berdasarkan analisa kualitas air sumur gali di lima kecamatan di Kota Banjarbaru kurang layak digunakan sebagai baku mutu air bersih karena telah melampaui nilai ambang baku mutu air

kelas I menurut Permenkes 416/Menkes/Per/IX/1990. Hasil uji laboratorium terhadap dua puluh sampel (lima Kecamatan) terdapat enam lokasi memenuhi BM (baik), sepuluh lokasi tercemar ringan, dua lokasi tercemar sedang, dan dua lokasi tercemar berat.

Melihat jumlah pemakai air sumur sebagai sumber air minum lebih dari 50 % dan kualitas air sumur gali yang dijadikan sumber air untuk kebutuhan hidup ternyata kurang layak digunakan, untuk itu perlu adanya suatu perlakuan guna meningkatkan kualitas air sumur gali. Perbaikan kualitas air sumur gali yang akan dilakukan adalah dengan menggunakan kombinasi zeolit dan kapur tohor. Sampel air sumur gali yang digunakan adalah air sumur gali yang terindikasi tercemar berat.

Mekanisme kerja zeolit digunakan sebagai filter adalah dengan reaksi pertukaran ion. Reaksi pertukaran ion pada zeolit terjadi apabila kation-kation yang awalnya berada dalam sistem berpori dalam kristal digantikan ion-ion lainnya dari larutan. Kapur merupakan salah satu batuan yang dapat dipergunakan untuk meningkatkan pH secara praktis, murah dan aman sekaligus dapat mengurangi kandungan-kandungan logam berat yang terkandung dalam air asam tambang.

Parameter yang diamati adalah besi (Fe), mangan (Mn), pH, *Escherichia coli*, kekeruhan, warna, bau dan rasa. Sampel yang digunakan adalah air sumur gali tercemar berat (gang Karya indah dan Jalan Ahmad Yani km 19,5 Liang Anggang).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kombinasi filter zeolit dan kapur tohor terhadap kualitas air sumur gali sebagai bahan baku air minum dan memperoleh kombinasi terbaik dosis zeolit dan kapur tohor dalam filtrasi pengolahan air minum.

Metode Penelitian

Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan 4 perlakuan dan 2 kelompok. Sebagai kelompok dalam penelitian ini adalah dua lokasi pengambilan air sumur gali dengan tiga kali ulangan. Kombinasi perlakuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. $Z_1 K_1$: reaktor dengan kombinasi tinggi zeolit 50 cm dan 1 g kapur tohor
2. $Z_1 K_2$: reaktor dengan kombinasi tinggi zeolit 50 cm dan 2 g kapur tohor
3. $Z_2 K_1$: reaktor dengan kombinasi tinggi zeolit 60 cm dan 1 g kapur tohor
4. $Z_2 K_2$: reaktor dengan kombinasi tinggi zeolit 60 cm dan 2 g kapur tohor

Metode matematis rancangan penelitian adalah:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Di mana:

Y_{ij} = hasil pengamatan pada perlakuan ke-i, pengulangan ke-j

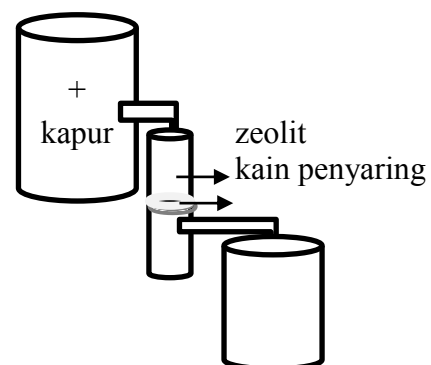
μ = nilai rata

τ_i = pengaruh aditif dari perlakuan ke-i

β_j = pengaruh aditif dari kelompok ke-j

ε_{ij} = galat dari perlakuan ke-i dan kelompok ke-j

Air sumur di dalam drum sebanyak 10 liter ditambahkan 1 g kapur tohor, kemudian diaduk dan didiamkan selama 1 jam. Kemudian dialirkan ke dalam kolom media zeolit tinggi 50 cm. Setelah melalui media filter, outputnya ditampung sampai volume yang dihasilkan sebanyak 2 liter dan kemudian dianalisa di laboratorium. Untuk variasi konsentrasi zeolit dan kapur tohor yang lain, dilakukan prosedur yang sama.



Gambar 1. Reaktor alir

Peubah yang diamati sesuai dengan standar Baku Mutu Air Minum Permenkes RI No.492/MENKES/PER/IV/2010

Tabel 1. Persyaratan kualitas air minum

| N o. | Jenis parameter | Satuan | Kadar maksimum yang diperbolehkan |
|------|------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| 1 | Bakteriologis | | |
| | Parameter Mikrobiologi | Jumlah per 100 ml sampel | 0 |
| | 1) <i>E. Coli</i> | | |
| 2 | Parameter Fisik | | |
| | 1) Bau | - | Tidak berbau |
| | 2) Warna | TCU | 15 |
| | 3) Kekeruhan | NTU | 5 |
| | 4) Rasa | - | Tidak berasa |
| 3 | Parameter Kimia | | |
| | 1) Besi | mg/l | 0,3 |
| | 2) Mangan | mg/l | 0,4 |
| | 3) pH | mg/l | 6,5 – 8,5 |

Sumber: Permenkes RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010

Analisa Data

Data yang diperoleh akan dianalisis menggunakan sidik ragam (Anova). Uji lanjutan yang digunakan adalah uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*). Dan menggunakan persamaan:

$$\% \text{ penurunan} = \left(\frac{\text{rataan kontrol} - \text{rataan perlakuan}}{\text{rataan kontrol}} \right) \times 100\%$$

Hasil Dan Pembahasan

Besi

Hasil yang diperoleh dari perlakuan pada dua lokasi sampel air gali dengan menggunakan kombinasi zeolit dan kapur, untuk parameter besi (Fe) didapatkan hasil seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Rataan kadar Fe (mg/l) sampel air sumur gali menggunakan kombinasi zeolit dan kapur tohor

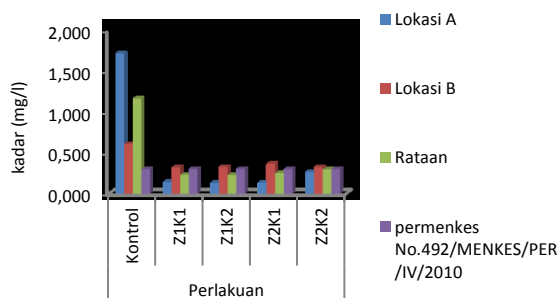
| Kelompok | Kontrol | Perlakuan | | | | Jlh | Rataan |
|-------------------------------------|---------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------|--------------------|
| | | Z ₁ K ₁ | Z ₁ K ₂ | Z ₂ K ₁ | Z ₂ K ₂ | | |
| Lokasi A | 1,717 | 0,141 | 0,130 | 0,136 | 0,265 | 2,389 | 0,478 ^b |
| Lokasi B | 0,609 | 0,319 | 0,325 | 0,364 | 0,327 | 1,945 | 0,389 ^a |
| Jumlah | 2,326 | 0,460 | 0,455 | 0,500 | 0,592 | | |
| Rataan | 1,163 | 0,230 | 0,228 | 0,250 | 0,296 | | |
| Permenkes No.492/MENKES/PER/IV/2010 | | | | | | 0,3 mg/l | |

Keterangan: Huruf pada superskrip yang berbeda pada kolom yang sama berbeda sangat nyata ($p < 0.01$)

Tabel 2. menunjukkan kadar awal Fe air sumur gali pada dua lokasi tidak masuk dalam standar Permenkes No.492/MENKES/ PER/ IV/ 2010 tentang persyaratan kualitas air minum. Pada lokasi A rataan kadar Fe sebesar 1,717 mg/l dan lokasi B sebesar 0,609 mg/l. Setelah dilakukan perlakuan dengan menggunakan kombinasi zeolit dan kapur tohor, terjadi penurunan kadar Fe air sumur gali pada dua lokasi.

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan kombinasi zeolit dan kapur tohor

tidak berpengaruh nyata terhadap penurunan kadar Fe dalam meningkatkan kualitas air sumur gali, akan tetapi antar kelompok berdasarkan lokasi pengambilan sampel air sumur gali menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ($p < 0.01$). Oleh karena itu, hipotesis yang diterima adalah H_1 (H_0 ditolak) di mana terdapat pengaruh yang nyata pada lokasi pengambilan sampel air sumur gali. Hasil uji DMRT dapat dilihat pada Tabel 2, di mana pada lokasi B rataan kadar Fe lebih kecil dibandingkan pada lokasi A. Berikut diagram batang rataan kadar Fe sampel air sumur gali pada tiap perlakuan kombinasi.



Gambar 2. Diagram batang rataan kadar Fe (mg/l) sampel air sumur gali menggunakan kombinasi zeolit dan kapur tohor

Faktor yang diduga menyebabkan tidak berpengaruhnya perlakuan kombinasi zeolit dan kapur tohor disebabkan karena zeolit yang digunakan sebagai filter tidak diaktivasi terlebih dahulu. Pada zeolit alam, adanya molekul air dalam pori dan oksida bebas di permukaan seperti Al_2O_3 , SiO_2 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O dapat menutupi pori-pori atau situs aktif dari zeolit sehingga dapat menurunkan kapasitas adsorpsi maupun sifat katalisis dari zeolit tersebut (Aya, 2010). Kemampuan adsorpsi zeolit dapat ditingkatkan dengan melakukan proses aktivasi dan impregnasi zeolit dengan ion logam. Proses aktivasi dan impregnasi didasarkan pada kation alkali atau alkali tanah yang terikat secara elektrostatis pada kerangka zeolit bersifat *mobile* dan dapat dipertukarkan dengan kation lain (Choirul, 2008)

Mekanisme kerja zeolit dalam perbaikan kualitas air sumur gali adalah ketika air yang mengandung Fe terlarut melewati zeolit, maka permukaan aktif dari zeolit akan mengkatalis reaksi oksidasi Fe menjadi senyawa yang tidak larut dalam air. Endapan tersebut akan tertahan di zeolit. Untuk membersihkan endapan tersebut cukup dengan melakukan cuci balik (*back washing*) dengan laju tertentu (Firdaus, 2010).

Untuk melihat perlakuan mana yang lebih baik untuk menurunkan kadar Fe pada air sumur gali, dapat dilakukan perhitungan persentase penurunan Fe dimana hasilnya disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Persentase penurunan kadar Fe pada tiap perlakuan kombinasi zeolit dan kapur tohor

| Sampel | | Penurunan Fe (%) |
|-----------|-------------------------------|------------------|
| Perlakuan | Z ₁ K ₂ | 80,44 |
| | Z ₁ K ₁ | 80,24 |
| | Z ₂ K ₁ | 78,51 |
| | Z ₂ K ₂ | 74,54 |
| Kelompok | Lokasi A | 72,18 |
| | Lokasi B | 36,14 |

Hasil penelitian Hardini dan Karmaningrum (2010) melaporkan, efisiensi removal kadar besi (Fe), mangan (Mn), dan zat organik (KMnO₄) dalam air sumur gali dengan masing – masing menggunakan filter karbon aktif, filter mangan zeolit, dan filter seri karbon aktif dan mangan zeolit, paling besar yang terjadi pada ketebalan media 40 cm. Semakin tebal media maka efisiensi penyisihan semakin tinggi.

Secara kimia proses adsorpsi kandungan besi pada air sumur gali oleh zeolit adalah, pada struktur zeolit, semua atom Al dalam bentuk tertahedral sehingga atom Al akan bermuatan negatif karena berkoordinasi dengan empat atom oksigen dan selalu dinetralkan oleh kation alkali atau alkali tanah untuk mencapai senyawa yang stabil.

Mangan

Pada parameter mangan (Mn), setelah dilakukan perlakuan pada dua lokasi sampel air gali dengan menggunakan kombinasi zeolit dan kapur tohor, didapatkan hasil seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Rataan kadar Mn (mg/l) sampel air sumur gali menggunakan kombinasi zeolit dan kapur tohor

| Kelompok | Kontrol | Perlakuan | | | | Jlh | Rataan |
|----------|---------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------|--------------------|
| | | Z ₁ K ₁ | Z ₁ K ₂ | Z ₂ K ₁ | Z ₂ K ₂ | | |
| Lokasi A | 0,244 | 0,198 | 0,157 | 0,241 | 0,142 | 0,982 | 0,196 ^b |
| Lokasi B | 0,145 | 0,163 | 0,115 | 0,129 | 0,143 | 0,695 | 0,139 ^a |
| Jumlah | 0,389 | 0,361 | 0,272 | 0,370 | 0,285 | | |
| Rataan | 0,195 | 0,180 | 0,136 | 0,185 | 0,143 | | |

Permenkes No.492/MENKES
/ PER/ IV/ 2010

0,4 mg/l

Keterangan : Huruf pada superskrip yang berbeda pada kolom yang sama berbeda sangat nyata ($p < 0.01$)

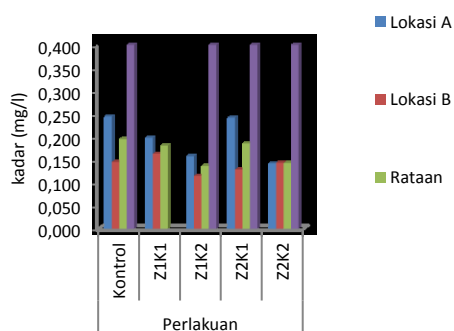
Tabel 4. menunjukkan kadar awal Mn air sumur gali pada dua lokasi masuk dalam standar Permenkes No.492/MENKES/ PER/ IV/ 2010 tentang persyaratan kualitas air minum. Pada lokasi A rataan kadar Mn sebesar 0,244 mg/l dan lokasi B sebesar 0,145 mg/l. Setelah dilakukan perlakuan dengan menggunakan kombinasi zeolit dan kapur tohor, terjadi penurunan kadar Mn air sumur gali pada dua lokasi.

Perlakuan kombinasi zeolit dan kapur tohor tidak berpengaruh nyata menurunkan kadar Mn air sumur gali, akan tetapi berpengaruh sangat nyata ($p < 0.01$) pada kelompok lokasi pengambilan sampel). Uji DMRT menunjukkan lokasi B sangat nyata ($p < 0.01$) menurunkan kadar Mn air sumur gali lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi A. Hal ini kemungkinan disebabkan karena kadar Mn air sampel di lokasi B sebelum pemberian perlakuan memang lebih rendah dibandingkan lokasi A, sementara berdasarkan persentase penurunan kadar Mn sebenarnya lokasi A lebih tinggi progres penurunannya dibandingkan lokasi B dengan capaian sebesar 19,49 % dibanding lokasi B hanya 4,14 % (Tabel 5).

Tabel 5. Persentase penurunan kadar Mn pada tiap perlakuan kombinasi zeolit dan kapur tohor

| Sampel | Penurunan Mn (%) |
|-----------|-------------------------------|
| Perlakuan | Z ₁ K ₂ |
| | Z ₁ K ₁ |
| | Z ₂ K ₁ |
| | Z ₂ K ₂ |
| Kelompok | Lokasi A |
| | Lokasi B |

Rataan kadar Mn (mg/l) sampel air sumur gali pada tiap perlakuan menggunakan zeolit dan kapur tohor dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram batang rata-rata kadar Mn (mg/l) sampel air sumur gali menggunakan kombinasi zeolit dan kapur tohor

Menurut masyarakat sekitar lokasi A tempat pengambilan sampel air, sumur tersebut sudah lama tidak digunakan karena penghuni rumahnya sudah tidak tinggal disana. Akan tetapi pada musim kemarau masyarakat sekitar menggunakan air sumur untuk keperluan sehari-hari karena airnya tidak pernah kering. Semakin lama air tersebut bersentuhan dengan tanah atau bebatuan maka semakin banyak pula mineral-mineral yang larut sehingga konsentrasi unsur-unsur tertentu akan semakin tinggi dalam air (USU, 2013). Oleh karena itu, air sumur gali di lokasi A memiliki konsentrasi Fe dan Mn yang lebih tinggi.

Zeolit juga mempunyai selektivitas terhadap logam, maka dari itu

hasil penelitian untuk parameter besi dan mangan berbeda. Urutan selektivitas zeolit sebagai berikut: Hg > Pb > Sn > Cd > As > Al > Sb > Fe > Ni (Portney, 2013).

Dalam Rahmawati (2008) menyebutkan bahwa semakin besar konsentrasi adsorbat (Mn) dalam inlet menyebabkan terjadinya gaya laju difusi partikel adsorbat yang besar pula. Pada konsentrasi relatif kecil gaya laju difusi partikel adsorbat yang terjadi tidak cukup kuat untuk melawan hambatan difusi sehingga adsorbat tidak dapat mencapai jauh ke dalam partikel adsorben. Maka dari itu *removal* logam Mn lebih kecil dibandingkan dengan Fe, karena konsentrasi Mn jauh lebih kecil dibandingkan dengan Fe yang terdapat dalam air sumur gali. Demikian pula halnya yang terjadi pada perbedaan kelompok lokasi sampel air sumur gali, dimana konsentrasi Mn air sumur gali yang lebih tinggi pada lokasi A menyebabkan penyerapan Mn lebih besar persentasenya setelah perlakuan dibandingkan di lokasi B.

Derajat Keasaman (pH)

Pengaruh yang menyangkut aspek kesehatan daripada penyimpangan standar kualitas air minum dalam hal pH yang lebih kecil 6,5 dan lebih besar dari 8,5 akan tetapi dapat menyebabkan beberapa senyawa kimia berubah menjadi racun yang sangat mengganggu kesehatan (Putra, 2011).

Setelah dilakukan perlakuan pada dua lokasi sampel air sumur gali didapatkan hasil seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Rataan nilai pH sampel air sumur gali menggunakan kombinasi zeolit dan kapur tohor

| Kelompok | Kontrol | Perlakuan | | | | Jlh | Rataan |
|----------|---------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------|--------------------|
| | | Z ₁ K ₁ | Z ₁ K ₂ | Z ₂ K ₁ | Z ₂ K ₂ | | |
| Lokasi A | 6,167 | 8,007 | 7,987 | 7,877 | 7,760 | 37,797 | 7,559 ^a |
| Lokasi B | 6,143 | 8,747 | 8,600 | 8,197 | 8,147 | 39,833 | 7,967 ^b |
| Rataan | 6,155 | 8,377 ^c | 8,293 ^c | 8,037 ^{ab} | 7,953 ^a | | |

Permenkes No.492/MENKES
/2010

6,5 - 8,5

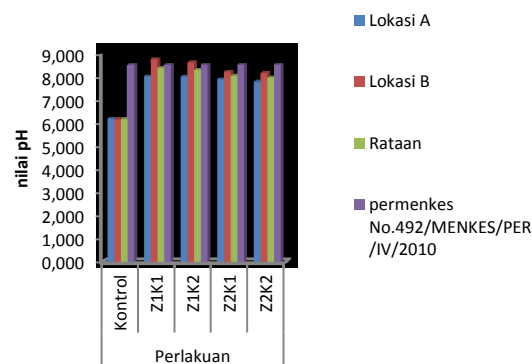
Keterangan : Huruf pada superskrip yang berbeda pada kolom dan baris yang sama berbeda sangat nyata ($p < 0.01$)

Tabel 6. menunjukkan nilai awal pH air sumur gali pada dua lokasi tidak masuk dalam standar Permenkes No.492/MENKES/ PER/ IV/ 2010 tentang persyaratan kualitas air minum. Pada lokasi A rata-rata pH sebesar 6,167 dan lokasi B sebesar 6,143. Setelah dilakukan perlakuan dengan menggunakan kombinasi zeolit dan kapur tohor, terjadi peningkatan pH air sumur gali pada dua lokasi

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan kombinasi zeolit dan kapur tohor berpengaruh sangat nyata ($p < 0.01$) dalam meningkatkan pH air sumur gali, demikian halnya dengan pengaruh kelompok lokasi pengambilan sampel. Oleh karena itu hipotesis yang diterima adalah H_1 sehingga H_0 ditolak artinya terdapat pengaruh yang nyata pada penggunaan kombinasi filter terhadap kualitas air sumur gali sebagai air minum.

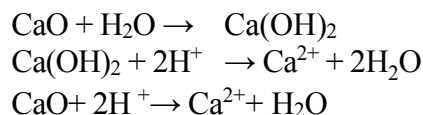
Uji beda nilai tengah DMRT menunjukkan bahwa perlakuan Z_2K_2 dan Z_2K_1 tidak berbeda nyata. Dalam hal ini perlakuan yang nilai rata-ratanya tertinggi adalah Z_2K_1 . Perlakuan Z_2K_1 (tinggi kolom zeolit 60 cm dan kapur tohor 1 g) sedangkan Z_2K_2 (tinggi kolom zeolit 60 cm dan kapur tohor 2 g), dari perlakuan ini dapat dilihat bahwa ke dua perlakuan memberikan pengaruh yang sama untuk meningkatkan pH (kadar maksimum yang diperbolehkan 6,5-8,5). Apabila dosis kapur tohor pada dua perlakuan memberikan pengaruh yang sama, maka perlakuan dosis yang lebih rendah yang lebih baik digunakan. Namun dalam hal ini pH air yang lebih baik adalah pH yang mendekati netral yaitu 7, artinya perlakuan Z_2K_2 yang lebih baik. Sementara itu kelompok di lokasi B berbeda dengan lokasi A, dimana pencapaian hasil perbaikan pH akibat pemberian perlakuan sebesar 7,967 lebih baik dibandingkan lokasi A yang mendapatkan pH akhir 7,559. Rataan nilai pH pada perlakuan dengan

kombinasi zeolit dan kapur tohor dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram batang rata-rata nilai pH sampel air sumur gali menggunakan kombinasi zeolit dan kapur tohor

Penetrasi air sumur gali yang bersifat asam dapat dilakukan dengan penambahan kapur tohor. Senyawa kapur tohor (CaO) bereaksi dengan air dan langsung dapat menetralkan larutan yang asam.



Reaksi di atas diperlakukan bila diperlukan perubahan pH yang cepat. CaCO_3 bereaksi lebih lambat, tetapi bila kondisi sangat asam dapat bereaksi cepat (Nurisman *et al*, 2012).

Escherichia coli

Mikroorganisme patogen yang terkandung dalam tinja dapat menularkan beragam penyakit bila masuk tubuh manusia, dalam 1 gram tinja dapat mengandung 1 milyar partikel virus infeksi, yang mampu bertahan hidup selama beberapa minggu pada suhu dibawah 10°C . Terdapat 4 mikroorganisme patogen yang terkandung dalam tinja yaitu : virus, Protozoa, cacing dan bakteri yang umumnya diwakili oleh jenis *Escherichia coli*. Sebagian besar virus patogen ini tidak memberikan gejala yang jelas sehingga sulit dilacak penyebabnya. Bakteri penghuni usus manusia dan hewan berdarah panas ini

telah mengkontaminasi hampir keseluruhan air baku air minum, sungai, sumur (Indonesia Public Health Information, 2013).

Pada parameter *Escherichia coli*, setelah dilakukan perlakuan pada dua lokasi sampel air gali dengan menggunakan kombinasi zeolit dan kapur tohor, didapatkan hasil seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Rataan jumlah *Escherichia coli* (per 100 ml sampel) sampel air sumur gali menggunakan kombinasi zeolit dan kapur tohor

| Kelompok | Kontrol | Perlakuan | | | | Jlh | Rataan |
|--|---------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------|
| | | Z ₁ K ₁ | Z ₁ K ₂ | Z ₂ K ₁ | Z ₂ K ₂ | | |
| Lokasi A | 606 | 94,333 | 38,333 | 14,333 | 165,000 | 918,000 | 183,600 ^b |
| Lokasi B | 350 | 2,333 | 3,333 | 14,333 | 11,333 | 381,333 | 76,267 ^a |
| Jumlah | 956 | 9,667 | 41,667 | 28,667 | 176,333 | | |
| Rataan | 478 | 48,333 | 20,833 | 14,333 | 88,167 | | |
| Permenkes No.492/MENKES/ PER/ IV/ 2010 | | | | | | 0 (jumlah per 100 ml sampel) | |
| Keterangan : Huruf pada superskrip yang berbeda pada kolom yang sama berbeda sangat nyata (p < 0.01) | | | | | | | |

Tabel 7. menunjukkan jumlah awal *Escherichia coli* (per 100 ml sampel) air sumur gali pada dua lokasi tidak masuk dalam standar Permenkes No.492/MENKES/ PER/ IV/ 2010 tentang persyaratan kualitas air minum. Pada lokasi A rataan jumlah *Escherichia coli* 606 per 100 ml sampel dan lokasi B 350 per 100 ml sampel. Setelah dilakukan perlakuan dengan menggunakan kombinasi zeolit dan kapur terjadi penurunan jumlah *Escherichia coli* air sumur gali pada dua lokasi.

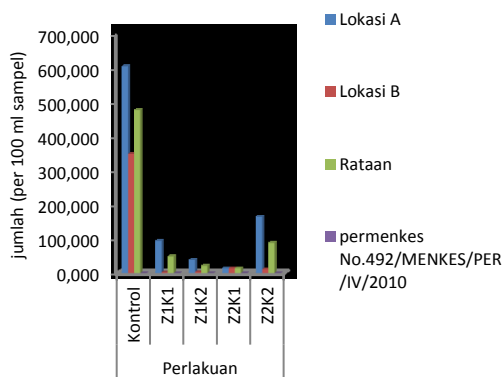
Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan kombinasi zeolit dan kapur tohor tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap peningkatan kualitas air sumur gali. Oleh karena itu hipotesis yang diterima adalah H₀ sehingga H₁ ditolak. Akan tetapi antar kelompok berdasarkan lokasi pengambilan sampel air sumur gali menunjukkan perbedaan yang nyata, menurunkan kadar *Escherichia coli* dari air sumur gali (p < 0.01). Sementara itu uji lanjut DMRT juga menunjukkan kelompok lokasi A berbeda nyata dengan lokasi B dalam menurunkan kadar *Escherichia coli* dimana lokasi B lebih baik dibandingkan lokasi A.

Untuk melihat perlakuan mana yang lebih baik untuk menurunkan jumlah bakteri *Escherichia coli* pada air sumur gali, dapat dilakukan perhitungan persentase *removal Escherichia coli* dimana hasilnya disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Persentase penurunan bakteri *Escherichia coli* pada tiap perlakuan kombinasi zeolit dan kapur tohor

| Sampel | | Penurunan <i>E.coli</i> (%) |
|-----------|-------------------------------|-----------------------------|
| Perlakuan | Z ₂ K ₁ | 97,00 |
| | Z ₁ K ₂ | 95,64 |
| | Z ₁ K ₁ | 89,89 |
| | Z ₂ K ₂ | 81,56 |
| Kelompok | Lokasi A | 69,70 |
| | Lokasi B | 78,21 |

Dari empat perlakuan kombinasi zeolit dan kapur tohor, didapatkan perlakuan dengan persentase *removal* tertinggi bakteri *Escherichia coli* adalah pada kombinasi Z₂K₁ (tinggi media zeolit 60 cm dan kapur tohor 1 g) kemudian Z₁K₂, Z₁K₁, dan Z₂K₂. Selain mampu dalam menurunkan konsentrasi logam, ternyata zeolit juga mampu berperan dalam mengikat bakteri *Escherichia coli*. Sementara pada lokasi pengambilan sampel, lokasi B lebih efektif penurunan kadar *Escherichia coli* nya dibandingkan lokasi A dengan capaian penurunan hingga 78,21 %. Rataan jumlah *Escherichia coli* pada perlakuan menggunakan kombinasi zeolit dan kapur tohor ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram batang rata-rata jumlah *Escherichia coli* (per 100 ml sampel) sampel air sumur gali menggunakan kombinasi zeolit dan kaur tohor

Gambar di atas menunjukkan bahwa tiap perlakuan tidak mampu menurunkan *Escherichia coli* sampai 0 sesuai dengan standar Permenkes No.492/MENKES/PER/IV/2010. Namun dari empat kombinasi didapatkan kombinasi zeolit dan kapur tohor terbaik yaitu Z₂K₁, dimana *Escherichia coli* 14,33 per 100 ml sampel air sumur gali.

Zeolit adalah mineral alam yang terdiri dari kristal alumino silikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensi dan memiliki struktur polikristalin yang membentuk pori dan kanal dengan ukuran yang berbeda-beda. Karakter ini dapat dimanfaatkan untuk menjebak zat-zat organik dan mikroorganisme seperti *Escherichia coli*. Kemampuan adsorpsi zeolit terhadap bakteri *Escherichia coli* juga akibat terjadinya interaksi elektrostatis antara zeolit dengan dinding sel *Escherichia coli* (Choirul, 2008). Dalam hal ini dengan semakin tinggi media zeolit maka akan semakin banyak pula *Escherichia coli* yang teradsorpsi, oleh karena itu kombinasi Z₂K₁ yang terbaik.

Kekeruhan

Kekeruhan salah satu parameter fisika yang diamati dalam penelitian ini. Setelah dilakukan perlakuan didapatkan hasil seperti pada Tabel 9 berikut:

Tabel 9. Rataan nilai kekeruhan (NTU) sampel air sumur gali menggunakan kombinasi zeolit dan kapur tohor

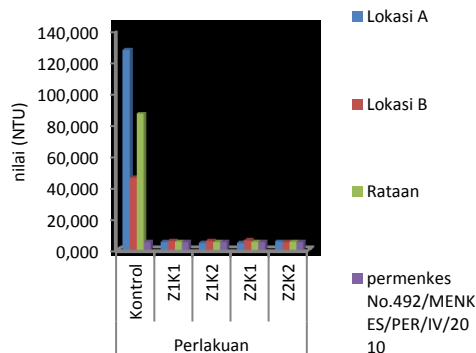
| Kelompok | Kontrol | Perlakuan | | | | Jumlah | Rataan |
|---|---------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------|---------------------|
| | | Z ₁ K ₁ | Z ₁ K ₂ | Z ₂ K ₁ | Z ₂ K ₂ | | |
| Lokasi A | 127,667 | 5,000 | 4,333 | 4,330 | 5,333 | 146,667 | 29,333 ^b |
| Lokasi B | 46,000 | 5,667 | 5,667 | 6,000 | 5,000 | 68,333 | 13,667 ^a |
| Jumlah | 173,667 | 10,667 | 10,000 | 10,33 | 10,333 | | |
| Rataan | 86,833 | 5,333 | 5,000 | 5,167 | 5,167 | | |
| Permenkes No.492/MENKES / PER/ IV/ 2010 | | | | | | 5 NTU | |

Keterangan : Huruf pada superskrip yang berbeda pada kolom yang sama berbeda sangat nyata ($p < 0.01$)

Tabel 9. menunjukkan nilai awal kekeruhan (NTU) air sumur gali pada dua lokasi tidak masuk dalam standar Permenkes No.492/MENKES/ PER/ IV/ 2010 tentang persyaratan kualitas air minum. Pada lokasi A rata-rata nilai kekeruhan 127,667 NTU dan lokasi B 46 NTU. Setelah dilakukan perlakuan menggunakan kombinasi zeolit dan kapur terjadi penurunan nilai kekeruhan air sumur gali pada dua lokasi.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pada parameter kekeruhan, perlakuan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap peningkatan kualitas air. Akan tetapi antar kelompok berdasarkan lokasi pengambilan sampel air sumur gali menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0.01$), hipotesis adalah H_1 diterima sehingga H_0 ditolak artinya terdapat pengaruh yang nyata antar lokasi pada penggunaan kombinasi zeolit dan kapur tohor terhadap kualitas air sumur gali dalam

hal ini penurunan nilai kekeruhan. Uji lanjut DMRT juga menunjukkan kelompok lokasi A berbeda nyata dengan lokasi B dalam menurunkan nilai kekeruhan sampel air sumur gali, dimana lokasi B lebih baik dibandingkan lokasi A. Rataan nilai kekeruhan pada perlakuan menggunakan kombinasi zeolit dan kapur tohor disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram batang rata-rata nilai kekeruhan (NTU) sampel air sumur gali menggunakan kombinasi zeolit dan kaur tohor

Pada kombinasi Z_1K_2 rata-rata penurunan nilai kekeruhan lebih tinggi dibandingkan dengan tiga kombinasi lainnya. Dimana nilai kekeruhannya 5 NTU, artinya untuk parameter kekeruhan masuk dalam standar Permenkes No.492/MENKES/PER/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum setelah melalui perlakuan kombinasi tersebut.

Untuk melihat perlakuan mana yang lebih baik untuk menurunkan nilai kekeruhan pada air sumur gali, dilakukan perhitungan persentase penurunan kekeruhan, hasilnya disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Persentase penurunan kekeruhan pada tiap perlakuan kombinasi zeolit dan kapur tohor

Tabel 10. Persentase penurunan kekeruhan pada tiap perlakuan kombinasi zeolit dan kapur tohor

| Sampel | Penurunan kekeruhan (%) |
|-----------|-------------------------|
| Perlakuan | Z_1K_2 97,24 |
| | Z_2K_1 94,05 |
| | Z_2K_2 94,05 |
| | Z_1K_1 93,86 |
| Kelompok | Lokasi A 29,33 |
| | Lokasi B 13,67 |

Zeolit dan kapur berperan dalam penurunan kekeruhan pada air sumur gali. Dimana zeolit berperan sebagai filter dan kapur sebagai koagulan. Pengolahan air secara kimia meliputi koagulasi atau flokulasi dan aerasi. Koagulasi atau flokulasi adalah proses pengumpulan partikel-partikel yang tidak dapat diendapkan dengan jalan menambahkan koagulasi. Contoh bahan koagulasi antara lain tawas dan kapur. Cara koagulasi atau flokulasi dalam pengolahan air dengan bahan kimia berguna untuk air yang mengandung bahan kimia, dan warna tetapi tidak terlalu pekat. Pada prinsipnya apabila air sudah susah diendapkan maka berarti perlu ditambahkan bahan kimia (USU, 2011).

Warna

Warna salah satu parameter fisika yang diamati dalam penelitian ini. Setelah dilakukan perlakuan didapatkan hasil seperti pada Tabel 11 berikut:

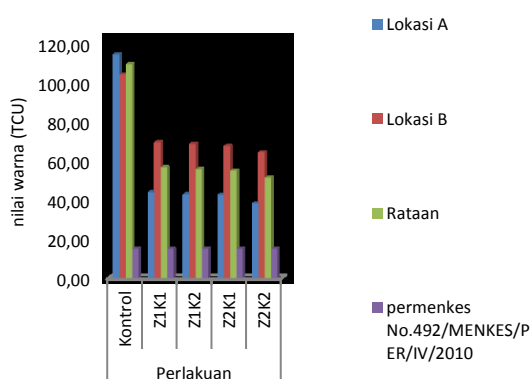
Tabel 11. Rataan nilai warna (TCU) sampel air sumur gali menggunakan kombinasi zeolit dan kapur tohor

| Kelompok | Kontrol | Perlakuan | | | | Jumlah | Rataan |
|--|---------|-----------|----------|----------|----------|--------|--------------------|
| | | Z_1K_1 | Z_1K_2 | Z_2K_1 | Z_2K_2 | | |
| Lokasi A | 114,33 | 44,00 | 43,00 | 42,67 | 38,33 | 282,33 | 56,47 ^a |
| Lokasi B | 104,33 | 69,67 | 68,67 | 67,67 | 64,67 | 375,00 | 75,00 ^b |
| Jumlah | 218,67 | 113,67 | 111,67 | 110,33 | 103,00 | | |
| Rataan | 109,33 | 56,83 | 55,83 | 55,17 | 51,50 | | |
| Permenkes No.492/MENKES/ PER/ IV/ 2010 | | | | | | 15 TCU | |

Keterangan : Huruf pada superskrip yang berbeda pada kolom yang sama berbeda sangat nyata ($p < 0.01$)

Tabel 11. menunjukkan nilai awal parameter warna (TCU) air sumur gali pada dua lokasi tidak masuk dalam standar Permenkes No.492/MENKES/ PER/ IV/ 2010 tentang persyaratan kualitas air minum. Pada lokasi A rata-rata nilai warna 114,33 TCU dan lokasi B 104,33 TCU. Setelah dilakukan perlakuan dengan menggunakan kombinasi zeolit dan kapur terjadi penurunan nilai warna air sumur gali pada dua lokasi.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pada parameter warna, perlakuan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap peningkatan kualitas air. Akan tetapi antar kelompok berdasarkan lokasi pengambilan sampel air sumur gali menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0.01$, H_1 diterima sehingga H_0 ditolak artinya terdapat pengaruh yang nyata antar lokasi pada penggunaan kombinasi zeolit dan kapur terhadap kualitas air sumur gali dalam hal ini penurunan nilai warna. Sementara itu uji lanjut DMRT juga menunjukkan kelompok lokasi A berbeda nyata dengan lokasi B dalam menurunkan nilai warna sampel air sumur gali, dimana lokasi A lebih besar dibandingkan lokasi B. Diagram batang rata-rata nilai warna (TCU) disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram batang rata-rata nilai warna (TCU) sampel air sumur gali menggunakan kombinasi zeolit dan kapur tohor

Tiap perlakuan tidak mampu menurunkan nilai warna sampai 15 TCU sesuai dengan standar Permenkes

No.492/MENKES/PER/IV/2010. Namun dari empat kombinasi didapatkan kombinasi zeolit dan kapur tohor terbaik yaitu Z_2K_2 . Kemudian lakukan perhitungan persentase penurunan kekeruhan, hasilnya disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Persentase penurunan warna pada tiap perlakuan kombinasi zeolit dan kapur tohor

| Sampel | Penurunan Warna(%) |
|-----------|--------------------|
| Perlakuan | Z_2K_2 |
| | 52,90 |
| | Z_2K_1 |
| | 49,54 |
| Kelompok | Z_1K_2 |
| | 48,93 |
| | Z_1K_1 |
| | 48,02 |
| Kelompok | Lokasi A |
| | 50,06 |
| Kelompok | Lokasi B |
| | 28,11 |

Dari empat perlakuan kombinasi zeolit dan kapur tohor, diperoleh perlakuan dengan persentase penurunan warna tertinggi adalah pada kombinasi Z_2K_2 (kombinasi tinggi zeolit 60 cm dan kapur 2 g) kemudian Z_2K_1 , Z_1K_2 , dan Z_1K_1 . Dengan tinggi kolom zeolit yang lebih panjang dan konsentrasi kapur yang lebih besar, ternyata mampu menurunkan nilai warna (TCU) pada air sumur gali.

Bau dan Rasa

Air yang baik memiliki ciri tidak berbau bila dicium dari jauh maupun dari dekat. Air yang berbau busuk mengandung bahan organik yang sedang mengalami dekomposisi (penguraian) oleh mikroorganisme air (Santoso, 2010). Hasil dari perlakuan kombinasi zeolit dan kapur untuk memperbaiki bau dan rasa pada air sumur gali, ditunjukkan pada Tabel 13.

Tabel 13. Rataan nilai bau dan rasa sampel air sumur gali menggunakan kombinasi zeolit dan kapur tohor

| Kelompok dan Parameter | | Kontrol | Perlakuan | | | | | Rataan |
|--|------|---------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------|--------|
| | | | Z ₁ K ₁ | Z ₁ K ₂ | Z ₂ K ₁ | Z ₂ K ₂ | Jumlah | |
| Lokasi A | Bau | 1,333 | 2,633 | 2,433 | 2,100 | 2,567 | 11,067 | 2,213 |
| | Rasa | 1,500 | 2,633 | 2,433 | 2,233 | 2,567 | 11,367 | 2,273 |
| Lokasi B | Bau | 2,000 | 2,333 | 2,500 | 2,233 | 2,567 | 11,633 | 2,327 |
| | Rasa | 2,067 | 2,400 | 2,433 | 2,300 | 2,500 | 11,700 | 2,340 |
| Jumlah | | 6,900 | 10,00 | 9,800 | 8,867 | 10,20 | | |
| Rataan | | 1,725 | 2,500 | 2,450 | 2,217 | 2,550 | | |
| Permenkes No.492/MENKES/ PER/ IV/ 2010 | | | Tidak Berbau dan Tidak Berasa | | | | | |

Keterangan : Nilai skoring bau dan rasa:
 1 = Bau dan Berasa
 2 = Agak Bau dan Agak Berasa
 3 = Tidak Berbau dan Tidak Berasa

Kondisi awal air sumur gali lokasi A adalah berbau dan berasa, sedangkan air sumur gali di lokasi B agak berbau dan agak berasa. Kedua kondisi air sumur gali tidak masuk dalam standar Permenkes No.492/MENKES/PER/IV/2010, dimana persyaratan air minum adalah tidak berbau dan tidak berasa. Tabel 13. menunjukkan bahwa kombinasi zeolit dan kapur mampu meningkatkan bau dan rasa pada air sumur gali. Perlakuan kombinasi zeolit yang terbaik adalah Z₂K₂ (kombinasi tinggi zeolit 60 cm dan kapur 2 g).

Kesimpulan

Dari uraian hasil penelitian di atas dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- Perlakuan kombinasi zeolit dan kapur tohor tidak berpengaruh nyata menurunkan kadar Fe, Mn, *Escherichia coli*, kekeruhan, warna air sumur gali, akan tetapi sangat nyata meningkatkan pH air sumur gali ($p < 0.01$).
 - Kelompok pengambilan sampel berpengaruh nyata memperbaiki semua parameter kualitas air sumur gali yang diukur, termasuk bau dan rasa.
- Kombinasi zeolit dan kapur tohor terbaik adalah kombinasi Z₁K₂ yang mampu meningkatkan kualitas untuk parameter besi 0,228 mg/l, mangan 0,136 mg/l, dan

kekeruhan 5 NTU, kemudian perlakuan Z₂K₂ yang mampu memperbaiki kualitas parameter fisika warna 51,50 TCU, parameter bau dan rasa 2,55 (agak berbau dan agak berasa), dan meningkatkan pH dengan nilai 7,953, dan perlakuan Z₂K₁ mampu menurunkan *Escherichia coli* 14,33 jumlah per 100 ml sampel.

Daftar Pustaka

- Anisyah, 2011. *Analisa Kualitas Air Sumur Gali Di Kota Banjarbaru Propinsi Kalimantan Selatan*. Tesis. Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.
- Aya, 2010. *Zeolit: Struktur dan Fungsi*. <http://material-sciences.blogspot.com/2010/03/zeolit-struktur-dan-fungsi.html>
Diakses tanggal 21 Agustus 2013
- Choirul, A, 2008. *Penentuan pH Optimum Impregnasi Zeolit Dengan Ion Nikel Dan Karakterisasi Zeolit-Ni Sebagai Filter Bakteri Escherichia coli*. Universitas Negeri Malang. Malang
- Firdaus, M. Luthfi, 2010. *Studi Perbandingan berbagai Adsorben Sintetis Dan Alami Untuk Mengikat Logam Berat*. Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Bengkulu. Bengkulu

- Hardini, I dan Karnaningroem, 2010. *Peningkatan Kualitas Air Sumur Gali Menjadi Air Bersih Menggunakan Filter Mangan Zeolit Dan Karbon Aktif: Studi Kasus Air Sumur Gali Permukiman Desa Banjar Po Sidoarjo*. Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-ITS. Surabaya
- Indonesia Public Health Information, 2013. *Eschericia coli*.
<http://publichealth-journal.helpingpeopleideas.com/eschericia-coli>
 Diakses tanggal 15 Januari 2013
- Nurisman, E, R. Cahyadi, I. Hadriansyah, 2012. Studi Terhadap Dosis Penggunaan Kapur Tohor (CaO) Pada Proses Pengolahan Air Asam Tambang Pada KolamPengendap Lumpur Tambang Air Laya PT. Bukit Asam (Persero), Tbk. *Jurnal Teknik Patra Akademika Edisi 5*: hal 8
- Portney, M, 2013. *Zeolite Benefits*
<http://www.zeolite.com/zeolite-benefits.php>
 Diakses tanggal 21 Agustus 201
- Putra, Nana. S.S Udi, 2011. *Manajemen Kualitas Air Pada Perikanan Budidaya*. Departemen Kelautan dan Perikanan. Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya. Balai Budidaya Air Payau Takalar.
- Rahmawati, A, 2013. *Penurunan Kandungan Mangan (Mn) Dari Dalam Air Menggunakan Metode Filtrasi*. Jurusan Pendidikan Teknik dan Kejuruan FKIP Universitas Sebelas Maret. Surakarta
- Santoso, U, 2010. *Kualitas Dan Kuantitas Air Bersih Untuk Pemenuhan Kebutuhan Manusia*.
<http://uripsantoso.wordpress.com/2010/01/18/kualitas-dan-kuantitas-air-bersih-untuk-pemenuhan-kebutuhan-manusia/>
 Diakses tanggal 15 Januari 2013
- Universitas Sumatera Utara, 2011. *Air*
- <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/28031/4/Chapter%20II.pdf>
 Diakses tanggal 17 Desember 2012